

**ANALISA KEGAGALAN *AIR CLEANER* FOTON FT 824 DIGUNAKAN PADA
SHANTUI LOADER SL 30 W**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Disusun Oleh :

RIVANDHO ANANG WIGUNA

NIM : D 200 130 071

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA KEGAGALAN *AIR CLEANER* FOTON FT 824 DIGUNAKAN
PADA SHANTUI LOADER SL 30 W**

PUBLIKASI ILMIAH

Disusun oleh :

RIVANDHO ANANG WIGUNA

D 200 130 071

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing

Tugas Akhir

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'S' followed by a vertical line and some smaller strokes.

(Ir. H. Subroto, M.T.)

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA KEGAGALAN *AIR CLEANER* FOTON FT 824 DIGUNAKAN PADA SHANTUI LOADER SL 30W

Disusun Oleh :

RIVANDHO ANANG WIGUNA

NIM : D 200 130 071

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 13 Desember 2017
dan dinyatakan memenuhi syarat

Dewan penguji :

Ketua : Ir. H. Subroto, M.T

(.....)

Anggota 1 : Ir. Sartono Putro, M.T

(.....)

Anggota 2 : Tri Tjahjono Ir., M. T.

(.....)

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Ir. Sri Sunarjono, MT., PhD

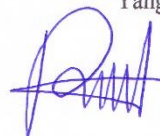
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya yang tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 15 Desember 2017

Yang menyatakan,



RIVANDHO ANANG WIGUNA

D 200 130 071

ANALISA KEGAGALAN AIR CLEANER FOTON FT 824 DIGUNAKAN PADA SHANTUI LOADER SL 30 W

Abstrak

Berbagai macam tipe *air cleaner* yang digunakan pada *air system* sangatlah berpengaruh pada kebersihan udara yang masuk ke ruang bakar. Tujuan analisa ini dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya kegagalan *air cleaner* tipe *oil bath* unit Foton FT 824 yang digunakan pada unit Shantui Loader SL 30W dengan cara menghitung tekanan *compressor manifold absolute pressure (MAP)*, *pressure ratio* dan putaran pada *turbocharger* masing – masing unit. Pengambilan data untuk analisa perhitungan dilakukan dengan cara mengetahui spesifikasi *engine* masing – masing unit, yaitu daya (*power*), putaran *engine*, *displacement*, *brake specific fuel consumption (BSFC)*, *volumetric efficiency*, dan *air fuel ratio (AFR)*. Kemudian dilakukan analisa perhitungan pada *turbocharger* menggunakan persamaan sesuai jurnal Garret *Turbocharger Guide Volume 4* (Northop, Jack dan Harry Wetzel, 2011). Hasil analisa perhitungan *turbocharger* pada unit Foton FT 824 didapatkan tekanan *compressor MAP* sebesar 16,089 Psia dengan *pressure ratio* 1,094 pada putaran 123760 Rpm. Pada unit Shantui Loader SL 30W didapatkan tekanan *compressor MAP* sebesar 22,856 Psia dengan *pressure ratio* 1,554 pada putaran 192160 Rpm. Sehingga hasil analisa perhitungan *turbocharger* pada unit Shantui Loader SL 30W lebih besar dari unit Foton FT 824 menyebabkan oli pada *air cleaner* tipe *oil bath* yang digunakan pada Shantui Loader SL 30W naik ke ruang bakar engine.

Kata kunci : udara, *air cleaner*, *turbocharger*, putaran, *compressor MAP*, *pressure ratio*.

Abstract

Various types of *air cleaner* used in the *air system* is very influential on the cleanliness of air into the combustion chamber. The purpose of this analysis is to know the cause of the failure of *air cleaner* type *oil bath* unit Foton FT 824 which is used in Shantui Loader SL 30W unit by calculating *compressor manifold absolute pressure (MAP)* *pressure ratio* and rotation on each *turbocharger* unit. The data collection for calculation analysis is done by knowing the engine specification of each unit, engine power, engine rotation, displacement, brake specific fuel consumption (BSFC), volumetric efficiency, and air fuel ratio (AFR). Then do the calculation analysis on *turbocharger* using equation according to journal Garret *Turbocharger Guide Volume 4* (Northop, Jack and Harry Wetzel, 2011). The result of calculation of *turbocharger* at Foton FT 824 is obtained by *compressor MAP* pressure 16,089 Psia with *pressure ratio* 1,094 at round 123760 Rpm. In Shantui Loader SL 30W unit obtained *MAP* *compressor* pressure of 22.856 Psia with *pressure ratio* 1.554 at 192160 Rpm round. So that the result of calculation analysis of *turbocharger* on Shantui Loader SL 30W unit bigger than Foton FT 824 unit cause oil on *air cleaner* type *oil bath* which used in Shantui Loader SL 30W go up to engine combustion chamber.

Keywords : air, *air cleaner*, *turbocharger*, rotation, *pressure compressor MAP*, *pressure ratio*.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu unsur terpenting terjadinya pembakaran yaitu udara, selain harus ada material dan panas. Disamping harus mengetahui peristiwa pembakaran maka harus mengetahui sistem udara yang masuk ke ruang bakar (*combustion chamber*) maupun proses keluarnya gas buang.

Dalam hal ini kebersihan udara yang masuk ke ruang bakar sangatlah penting untuk sempurnanya pembakaran. Jika udara yang masuk ke ruang bakar kotor maka kotoran debu akan mengakibatkan rusaknya komponen pada *engine* seperti piston rusak dan tersumbatnya sistem pelumasan pada *engine*.

Medan kerja unit sangat berpengaruh pada kebersihan udara yang terhisap ke ruang bakar. Oleh karena itu pemilihan tipe *air cleaner* sangat berpengaruh terhadap kebersihan udara. Pada unit Foton FT 824 cenderung bekerja pada medan yang berdebu pekat. Unit ini bekerja di bidang pertanian seperti perkebunan kelapa sawit, perkebunan jagung dan lain sebagainya. Pada unit Shantui Loader SL 30W untuk medan beroperasinya dapat berdebu pekat dan tidak.

Pada unit Foton FT 824 *air cleaner* yang digunakan adalah tipe *oil bath* dimana oli tersebut berguna untuk menyaring partikel – partikel yang kasar. Sedangkan pada unit Shantui Loader SL 30W tipe *air cleaner* yang digunakan adalah *air cleaner* tipe kertas. Dengan merubah tipe *air cleaner* unit Shantui Loader SL 30W dengan *air cleaner* unit Foton FT 824 diharapkan udara yang terhisap ke ruang bakar akan lebih bersih dan pembakaran lebih sempurna. Alasan lain konsumen mengganti *air cleaner* pada Shantui Loader SL 30W adalah hemat biaya dalam perawatan karena hanya mengganti oli yang terdapat pada *air cleaner*. Selain itu, dengan medan pengoperasian unit di debu yang pekat, maka *air cleaner* jenis *oil bath* sangat mendukung dengan oli sebagai media penyaringan udara sehingga kadar debu yang tersaring akan semakin banyak sehingga udara lebih bersih.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari analisis ini antara lain :

- 1) Untuk mengetahui besar tekanan *compressor manifold absolute pressure (MAP)* pada *turbocharger* masing – masing unit.
- 2) Untuk mengetahui besar *pressure ratio* pada *turbocharger* yang dihasilkan masing – masing unit.

- 3) Mengetahui besar putaran *turbocharger* pada masing – masing unit.
- 4) Mengetahui penyebab kegagalan *air cleaner* unit Foton FT 824 digunakan pada unit Shantui Loader SL 30 W.

1.3 Batasan Masalah

Dengan unit yang digunakan yaitu Shantui Loader SL 30W dan Foton FT 824, batasan masalah laporan tugas akhir ini yaitu menganalisa penyebab kegagalan *air cleaner* FT 824 yang digunakan pada unit SL 30W, serta membandingkan hasil perhitungan yang didapatkan dari masing-masing unit.

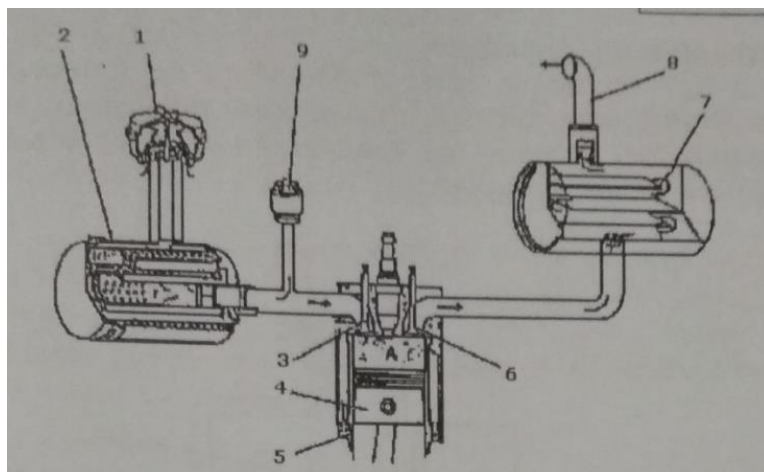
1.4 Landasan Teori

1.4.1 Air System

Sistem udara pada engine (*air system*) merupakan salah satu dari system yang ada di engine yang bertujuan untuk menyalurkan udara masuk ke ruang bakar. Ada dua jenis system udara pada engine, yaitu *naturally aspirated* (tidak memakai *turbocharger*) dan *supercharged aspirated* (memakai *turbocharger*).

1.4.1.1 Naturally Aspirated

Sistem udara dengan *naturally aspirated* (tidak menggunakan *turbocharger*) ini hanya mengandalkan hisapan dari piston *engine*. Karena hisapan dari piston, udara masuk ke dalam silinder karena adanya perbedaan tekanan pada saat piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB).



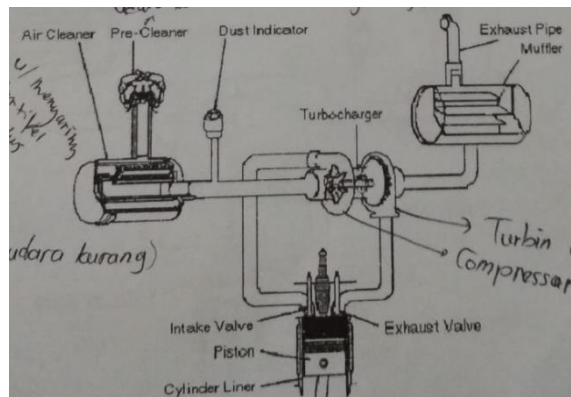
Gambar 1 Air System Tipe Naturally Aspirated

1.4.1.2 *Supercharged Aspirated*

Pada sistem ini, udara yang masuk ke silinder dipaksakan melalui *turbocharger*, sehingga berat udara per satuan volumenya bertambah. Cara ini akan menambah tenaga *engine* yang dihasilkan. *supercharged aspirated* dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

a) *Turbocharger Aspirated*

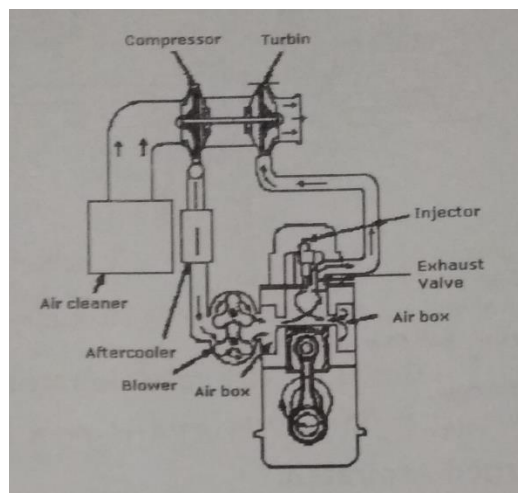
Pada golongan ini udara masuk dihisap melalui *turbocharger* yang digerakkan oleh gas buang. Tipe ini banyak digunakan pada sistem *engine* pada umumnya.



Gambar 2 Air System Tipe Turbocharger Aspirated

b) *Mechanical Supercharger*

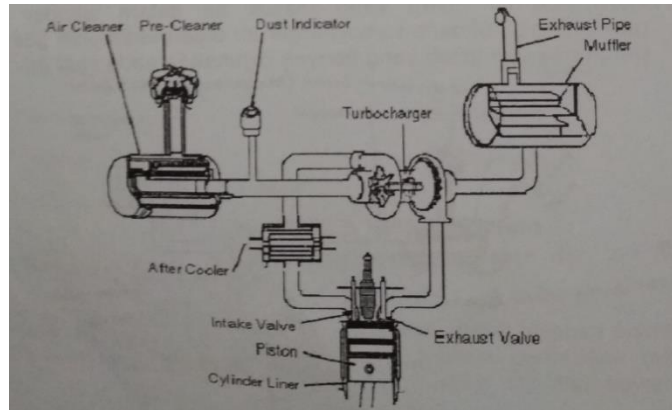
Pada tipe ini udara dimasukkan ke dalam silinder dibantu dengan hembusan *blower* yang digerakkan oleh roda gigi ataupun *belt* pada tali kipas. Tipe ini banyak digunakan pada *engine* dua langkah.



Gambar 3 Air System Tipe Supercharger

c) *Turbocharger Aspirated with After Cooler*

Pada tipe ini ada komponen yang di tambahkan antara *turbocharger* dan ruang bakar. *After cooler* dipasang dengan tujuan meningkatkan kerapatan udara sehingga tenaga *engine* bertambah berkisar 5% sampai 10%.

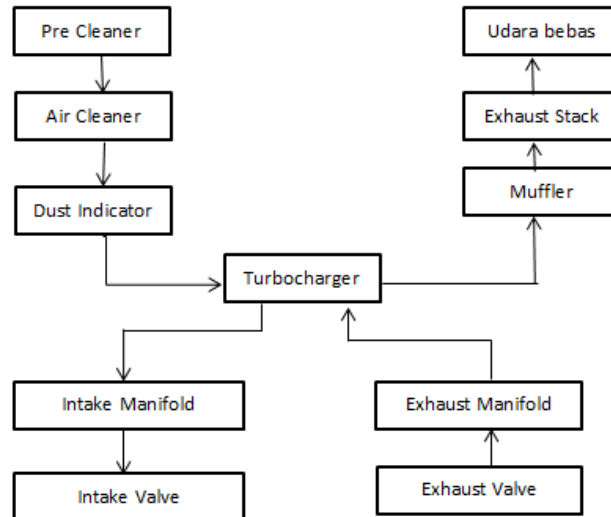


Gambar 4 Air System Tipe Turbocharger with After Cooler

Terjadinya kenaikan tenaga *engine* disebabkan karena udara yang keluar dari *turbocharger* bersuhu tinggi. Dengan suhu yang tinggi kerapatan udara pun juga tinggi sehingga berat udara per satuan volume akan berkurang. Selain itu untuk mendapatkan kerapatan udara yang kecil atau udara menjadi padat, maka udara harus di dinginkan (menurunkan temperatur). Besarnya perubahan kerapatan udara berkisar 2% - 4% pada setiap terjadinya penurunan temperatur 10°C. Tingkat perubahan temperatur ini bergantung pada temperatur udara luar.

1.4.2 Siklus Sistem Udara

Jika di urutkan, sistem udara pada *engine* udara terhisap melalui *air cleaner*, menuju ke *turbocharger* pada sisi *blower*, kemudian menuju *intercooler* guna untuk meningkatkan kerapatan udara dan menuju *intake manifold* menuju ruang bakar. Sedangkan untuk gas buang dari ruang bakar, keluar melalui *exhaust valve* menuju ke *exhaust manifold*, lalu gas buang menuju *turbocharger* sisi turbin memutar sudu turbin, keluar menuju *muffler* dan menuju ke *exhaust stack* dan dibuang ke udara bebas.



Gambar 5 Siklus Air System

1.4.3 Rumus Perhitungan Pada Turbocharger

Untuk menghitung nilai tekanan *compressor MAP*, putaran *turbocharger* dan *pressure raio*, mengacu pada jurnal *Garret Turbocharger Guide Volume 4* (Northop, Jack dan Harry Wetzel, 2011), harus diketahui berapa besar laju udara (*air flow actual*) dengan digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Wa = Hp \times AFR \times \frac{BSFC}{60} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

Wa = Air Flow Actual (lb/min)

Hp = Horsepower (Hp)

AFR = Air Fuel Ratio

BSFC = Brake Specific Fuel Consumption (lb/Hp.h)

Setelah itu nilai laju aliran udara (*air flow actual*) digunakan untuk menghitung tekanan *compressor MAP* dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$MAP = \frac{Wa \times R \times (460 + Tm)}{VE \times \frac{N}{2} \times Vd} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

MAP = Manifold Absolute Pressure (psia)

Wa = Air Flow Actual (lb/min)

R = Gas Constanta (639,6)

T_m = Intake Manifold Temperature (F)

VE = Volumetric Efficiency

N = Engine Speed (Rpm)

V_d = Engine Displacement (Ci)

Kemudian dengan membandingkan tekanan *compressor MAP* dengan tekanan udara diatas permukaan air laut dapat diketahui nilai *pressure ratio* dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$PR = \frac{P_{2c}}{P_{1c}} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

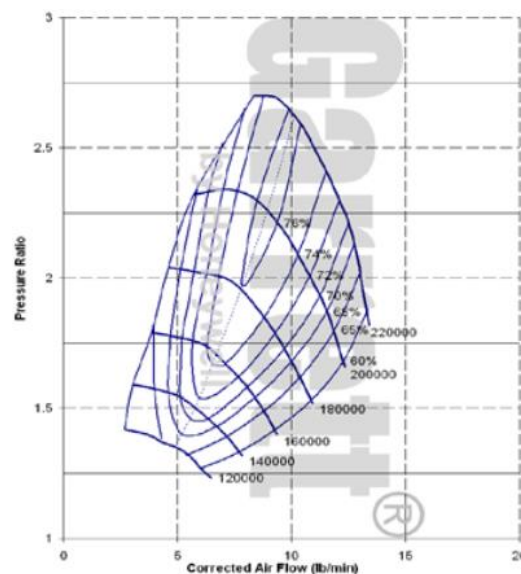
PR = Pressure Ratio

P_{2c} = Tekanan Pada *Manifold* (PSia)

P_{1c} = Absolute Pressure at Sea Level (14.7 PSia)

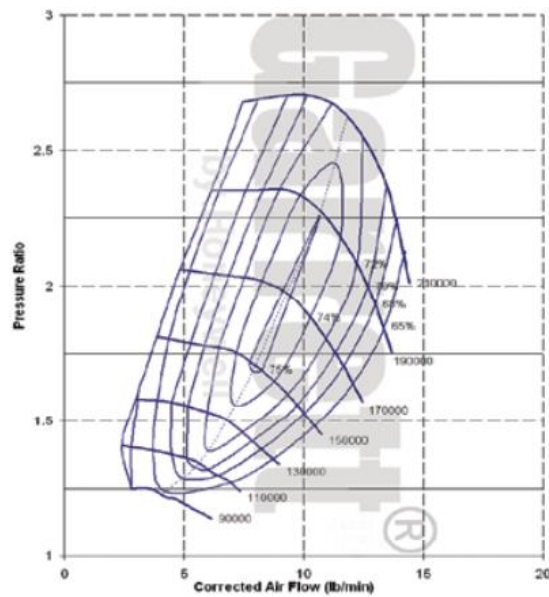
Pada jurnal *Garret Turbocharger Guide Volume 4* (Northop, Jack dan Harry Wetzel, 2011) putaran *turbocharger* dapat diketahui melalui grafik korelasi antara *pressure ratio* dengan laju aliran udara (*air flow actual*) yang di klasifikasikan sesuai dengan daya *engine*.

Pada *Engine* dengan Daya 0 – 100 Hp dengan grafik sebagai berikut :



Grafik 1 *Pressure Ratio-Air Flow* dengan *Engine* 0-100 Hp.

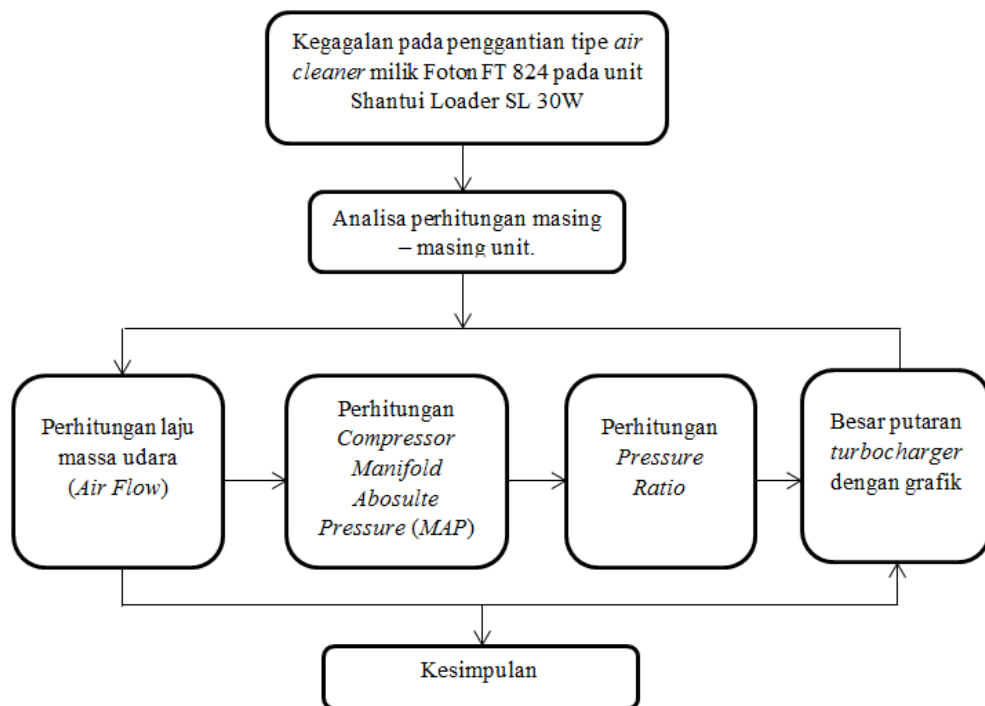
Pada *Engine* dengan daya 100 – 200 Hp didapatkan grafik sebagai berikut:



Grafik 2 *Pressure Ratio-Air Flow* dengan *Engine* 100-200 Hp.

2. METODE ANALISA KEGAGALAN *AIR CLEANER* DIGUNAKAN PADA UNIT SL 30W

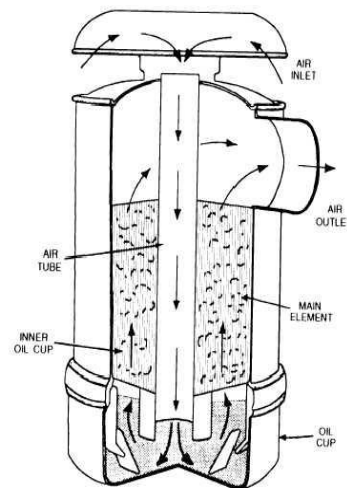
2.1 Diagram Alir



Gambar 6 Diagram Alir Analisa Kegagalan *Air Cleaner* Digunakan Pada SL 30W.

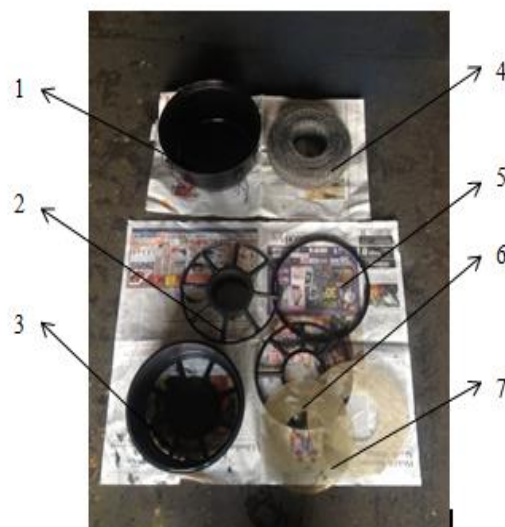
2.2 Alat dan Bahan

- a) Wrench Tool Set
- b) Socket Set dan Ratchet
- c) Pry Bar
- d) Screwdriver Set
- e) *Air Cleaner Tipe Oil Bath* pada unit Foton FT 824



Gambar 7 *Air Cleaner Tipe Oil Bath*

Air cleaner tipe ini memiliki sebuah penampung oli di dalamnya. Udara yang terhisap masuk *air cleaner* akan menekan permukaan oli dan fungsi oli akan menangkap 90% kotoran yang terdapat pada udara. *Air cleaner* ini cocok untuk unit yang beroperasi di daerah yang berdebu pekat. *Air cleaner* tipe *oil bath* ini memiliki bagian sebagai berikut :

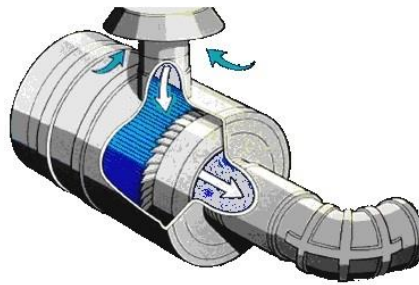


Keterangan :

- 1) *Oil Pan*
- 2) *Bracket*
- 3) *Cover Screen*
- 4) *Screen*
- 5) *O-ring*
- 6) *Bracket*
- 7) *Screen Mesh*

Gambar 8 Komponen *Air Cleaner* Foton FT 824

f) *Air Cleaner Tipe Kering* pada unit Shantui Loader SL 30W



Gambar 9 *Air Cleaner Tipe Kering*

Pada air cleaner tipe kering untuk memperoleh area penyaringan yang besar, maka *element* yang digunakan ialah lembaran kerta (*paper element*) atau kain (*unwoven cloth element*).

2.3 Pengambilan Data

Data yang diperlukan untuk mengetahui penyebab kegagalan *air cleaner* yang digunakan pada unit SL 30W adalah spesifikasi dari kedua unit. Berikut adalah spesifikasi dari kedua unit tersebut :

a) Shantui Loader SL 30W

Model *Engine* : Xichai CA6DF1D12GAGAG2

Power : 123,74 Hp

Rpm : 2200

Displacement : 6,557 L (400,10Ci)

BSFC : 0,361 lb/Hp.h

Volumetric Ef : 68%

AFR : 21



Gambar 10 Shantui Loader SL 30W

b) FOTON 824

Model *Engine* : Lovol Perkins *Engine*

Power : 81,4 Hp

Rpm : 2300

Displacement : 4,3L (264,2 Ci)

BSFC : 0,295 lb/Hp.h

Volumetric Ef : 65%

AFR : 18



Gambar 11 Foton 824

c) Temperatur Udara pada *Inlet Manifold*

Untuk mengetahui berapa nilai temperatur udara di *inlet manifold* didapatkan data pada tabel sebagai berikut :

Tabel 1 *Air Temperature Inlet Manifold*

<i>Type of Aspiration</i>	<i>Normal</i>		<i>Maximum</i>	
	°C	°F	°C	°F
<i>Natural</i>	29	85	43	110
<i>Turbocharger</i>	90	194	110	230
<i>Turbpcharger (JWAC)</i>	107	225	118	245
<i>Turbocharger (SCAC)</i>	43	110	54	125
<i>Turbocharger (AATC)</i>			65	150

Keterangan :

SCAC : *Separate Circuit Aftercooler*

JWAC : *Jacket Water Aftercooler*

AATC : *Air to Air Aftercooler*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan perhitungan dengan persamaan digunakan pada *turbocharger*, didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2 Hasil Perhitungan masing – masing Unit.

Unit	FOTON FT 824	SHANTUI LOADER SL 30W
Air Flow (lb/min)	7,20	15,5
MAP (Psia)	16,089	22,856
Pressure Ratio	1,094	1,554

3.2 Hasil Putaran *Turbocharger* masing – masing Unit

Putaran *turbocharger* dapat diketahui dengan grafik hubungan antara *pressure ratio* dengan *air flow* yang sesuai dengan daya (*power*) *engine* masing – masing unit. Hasil putaran masing – masing unit didapatkan sebagai berikut :

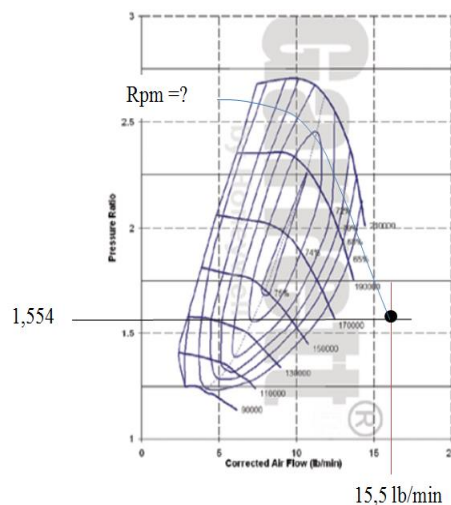
3.2.1 Shantui Loader SL 30W

Diketahui hasil sebagai berikut :

Power = 123,74 Hp

PR = 1,554

Wa = 15,5 lb/min



Grafik 3 Putaran *Turbocharger* pada Shantui Loader SL 30W.

Tabel 3 Variabel Interpolasi Untuk Mencari Putaran Turbocharger dengan
Engine Power 100-200 Hp.

Pressure Ratio	Rpm	Air Flow
1,5	190000	15
1,554	X	15,5
2	210000	20

$$X = X_1 + \left(\frac{Y - Y_1}{Y_2 - Y_1} \right) (X_2 - X_1)$$

$$X = 190000 + \left(\frac{1,554 - 1,5}{2 - 1,5} \right) (210000 - 190000)$$

$$X = 192160 \text{ Rpm}$$

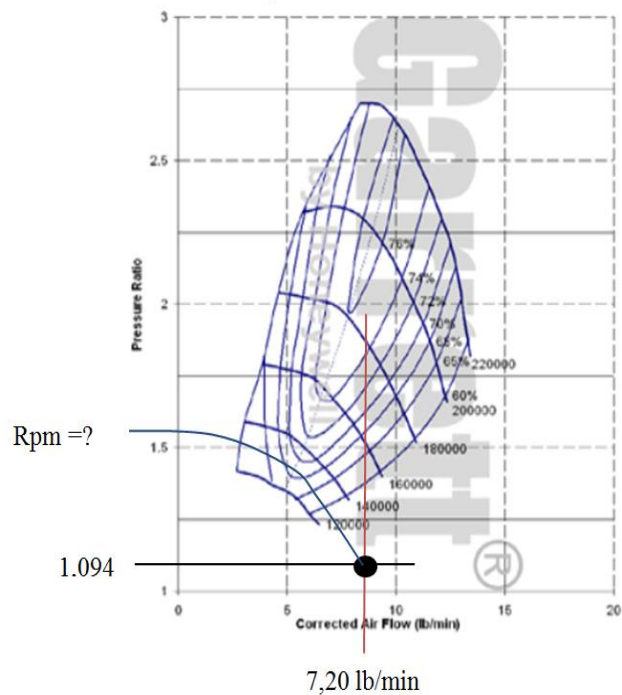
3.2.2 Foton FT 824

Diketahui hasil sebagai berikut :

$$W_a = 7,20 \text{ lb/min}$$

$$PR = 1,094$$

$$\text{Power} = 81,4 \text{ Hp}$$



Grafik 4 Putaran Turbocharger pada Foton FT 824

Tabel 4 Variabel Interpolasi Untuk Mencari Putaran Turbocharger dengan *Engine Power* 0-100 Hp.

Pressure Ratio	Rpm	Air Flow
1	120000	5
1,094	X	7,20
1,5	140000	10

$$X = X_1 + \left(\frac{Y - Y_1}{Y_2 - Y_1} \right) (X_2 - X_1)$$

$$X = 120000 + \left(\frac{1,094 - 1}{1,5 - 1} \right) (140000 - 120000)$$

$$X = 123760 \text{ Rpm}$$

3.3 Pembahasan

Setelah dilakukan analisa perhitungan berikut hasil dari perhitungan tersebut:

Tabel 5 Hasil Perhitungan Pada Unit Foton 824 dan Shantui Loader Tipe SL 30W.

Unit	FOTON FT 824	SHANTUI LOADER SL 30W
Power (Hp)	81,4	123,74
Air Flow (lb/min)	7,20	15,5
MAP (Psia)	16,089	22,856
Pressure Ratio	1,094	1,554
Putaran Turbocharger (Rpm)	123760	192160

Hasil perhitungan tekanan *compressor MAP* pada *turbocharger* unit SL 30W 22,856 Psia dengan *pressure ratio* 1,554 pada putaran 192160 Rpm. Pada unit FT 824 didapatkan tekanan *compressor MAP* sebesar 16,089 Psia dengan *pressure ratio* 1,094 pada putaran 123760 Rpm. Hasil perhitungan unit SL 30W lebih besar dari unit FT 824 sehingga oli pada *air cleaner* tipe *oil bath* yang dipasangkan pada SL 30W naik ke ruang bakar engine.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dilakukan pada bab-bab sebelumnya maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Hasil analisa perhitungan tekanan *Compressor MAP* masing – masing unit didapatkan pada unit Shantui Loader SL 30W sebesar 22,856 Psia dan pada unit Foton FT 824 didapatkan sebesar 16,089 Psia.
- 2) Dari analisa perhitungan yang dilakukan besar *pressure ratio* milik Shantui Loader SL 30W didapatkan sebesar 1,554 dan pada unit Foton FT 824 didapatkan sebesar 1,094.
- 3) Besar putaran *turbocharger* unit SL 30W 192160 Rpm dan pada FT 824 123760 Rpm.
- 4) Penyebab terjadinya kegagalan tipe *air cleaner* Foton FT 824 yang digunakan pada unit Shantui Loader SL 30W yaitu besar tekanan *Compressor (MAP)* dan *pressure ratio* pada SL 30W lebih besar dari FT 824.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa yang di lakukan didapatkan beberapa saran sebagai berikut :

- 1) Dalam analisis ini belum ditemukannya solusi untuk mengatasi kegagalan dalam penggantian *air cleaner* tersebut untuk itu perlu dilakukannya eksperimen dan pengujian untuk mengatasi kegagalan tersebut.
- 2) Perlu adanya analisa dengan cara pengujian mengapa kegagalan penggantian *air cleaner* ini terjadi sehingga dapat dibandingkan hasilnya secara teoritis dan secara pengujian.

PERSANTUNAN

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah – Nya sehingga penyusunan naskah publikasi yang berjudul “ANALISA KEGAGALAN *AIR CLEANER* FOTON FT 824 DIGUNAKAN PADA SHANTUI LOADER SL 30W” dapat diselesaikan atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

- 1) **Ayah, Ibu dan Adek** yang senantiasa mendukung dan mendoakan yang terbaik sampai saat ini.
- 2) **Ir. Subroto, M.T** selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan masukan yang bermanfaat hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
- 3) **Dr. Suranto, MM** selaku Direktur Sekolah Vokasi.
- 4) **Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin dan Vokasi** yang telah memberikan ilmu serta wawasan untuk menjadikan sarjana teknik mesin yang berkompeten.
- 5) Teman – teman **Angkatan 2013 Teknik Mesin** yang telah bersama berjuang untuk menuntut ilmu di Jurusan Teknik Mesin.
- 6) Teman – teman **Program Sudetan Vokasi** yang juga telah bersama – sama berjuang di program sudetan alat berat.
- 7) **Keluarga Mahasiswa Teknik Mesin (KMTM)** yang telah memberikan pelajaran, pengalaman dan kenangan luar biasa.
- 8) Teman – teman pengurus **BEM FT 2016** yang juga telah berjuang keras bersama dalam organisasi.
- 9) **Serta seluruh pihak** lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Blandong.com. 2014. *Air Cleaner*. <https://blandong.com/air-cleaner/>, diunduh 10 Oktober 2017
- Blandong.com. 2014. *Turbocharger*. <https://blandong.com/turbocharger/>, diunduh 14 Oktober 2017
- Elcahyo. 2014. *Air Intake & Exhaust System*. <https://www.google.co.id/amp/s/ubiaod.wordpress.com/2014/12/05/air-intake-exhaust-system/amp/>, diunduh 16 Oktober 2017
- Northop, Jack and Harry Wetzal. 2011. *Garret Turbocharger Guide Volume 4*. Los Angeles : Honeywell

School, UT. 2009. *Diesel Engine*. Jakarta : Sekolah Vokasi Universitas Muhammadiyah Surakarta

School, UT. 2009. *Basic Troubleshooting*. Jakarta : Sekolah Vokasi Universitas Muhammadiyah Surakarta